



**Produktivitetsanalys av skördare med
ackumulerande klippaggregat i unga lövbestånd
- med inriktning mot ekonomiskt resultat**

*Productivity Analysis of a harvester with accumulating
harvester head in young deciduous stands
- with a focus on financial performance*

Mattias Andolfsson

Handledare: Mikael Andersson

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 182

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2011



**Produktivitetsanalys av skördare med
ackumulerande klippaggregat i unga lövbestånd
- med inriktning mot ekonomiskt resultat**

*Productivity Analysis of a harvester with accumulating
harvester head in young deciduous stands
- with a focus on financial performance*

Mattias Andolfsson

Handledare: Mikael Andersson

Examinator: Ola Sallnäs

Sveriges lantbruksuniversitet

Examensarbete nr 182

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

Alnarp 2011

Examensarbete i Skogshushållning ingående i
Jägmästarprogrammet, SLU kurskod EX0505, Avancerad nivå, 30 hp

Förord

Detta arbete är utfört som en 30-poängs examensarbete på jägmästarprogrammet vid institutionen för Sydsvensk skogsvetenskap SLU i Alnarp.

Syftet med examensarbetet är dels att den studerande skall tillämpa de kunskaper och färdigheter som förvärvats under studietiden, dels att självständigt planera och genomföra ett projekt.

Arbetet har utförts i Södra Skåne, i samarbete med Stora Enso Bioenergi AB's (SEBAB) kontor i Hässleholm. Kontaktman på Stora Enso Bioenergi var Linus Andersson. Arbetet utfördes med start 16e september 2008 och slut 2011.

Arbetet utfördes enskilt av Mattias Andolfsson, jägmästarstudent vid SLU, handledare var Mikael Andersson vid institutionen för Sydsvensk skogsvetenskap SLU i Alnarp.

Tack till Linus Andersson med Stora Enso Bioenergi AB, samt min handledare Mikael Andersson.

Sammanfattning

Varje år lämnas ca 150 000 ha röjningsskog som skulle behövas röjas, orörda. De röjningsbestånd man låter vara orörda, växer upp till att kallas konfliktbestånd. Konfliktbestånden kan väljas att röjas traditionellt, men idag finns ett alternativ som innebär biobränsleuttag i dessa bestånd. Biobränsle från skogen kan bestå av udda träslag, träd från renodlade energibestånd och avverkningsrester. Det biobränsle som berörs i detta arbete kommer från småträdshantering.

Utgår man från konfliktbestånden som finns idag i Sverige, och deras energiinnehåll, finns ca 64 TWh i dessa. Dessa fylls årligen på med 5-10 TWh av förnyade konfliktbestånd. Att efterfrågan av biobränsleråvaran ökar ger möjligheter eftersom studier visar att man kan öka ekonomiskt netto genom att ta tillvara på klena träd. Idag finns system för att ta tillvara klena träd, men allt för klena träd kan ge för låg produktivitet för att uppnå positivt ekonomiskt netto.

Det är känt att produktiviteten vid avverkning beror på en mängd beståndsfaktorer, vilket innebär att inte alla klena bestånd är lämpliga för biobränsleuttag ur en ekonomisk synvinkel. Ett sätt att höja produktiviteten i ett givet bestånd är att tillämpa flerträdshantering.

Flerträdshantering är inte en ny uppfinning, och idag finns ca 100 skördare som i huvudsak används för flerträdshantering. Det finns även ca 20 olika skördaraggregat gjorda för flerträdshantering, med olika tekniker för fällning.

Mycket stor del av tiden vid gallring går åt till krancykeln, vilket innebär att om man vid samma krancykel kan hantera fler stammar räknar man med en produktivitetshöjning med 15 %. Det kan vara den faktorn som ger positivt ekonomiskt resultat. Av de tidigare gjorda studier i ämnet, kan man konstatera att spridningen av resultat är stor. En slutsats är att för att helt undvika negativa ekonomiska resultat krävs ökad produktivitet eller höjda råvarupriser.

Stora Enso Bioenergi har sedan en tid tillbaka ett system för att enklare hantera konfliktbestånd. Det går ut på att likt en traditionell gallringsskördare plocka gallringsstammar från ett stickvägssystem, men med flerträdshantering och för att sedermera samla dem i buntar längs stickvägen. Därefter samlar och flisar en beståndsgående flisare stammarna direkt i beståndet.

Målet med detta examensarbete är att belysa de produktivitetspåverkande faktorerna, för att lättare kunna förutspå ekonomiskt resultat. Som underlag användes beståndsdata från inventeringar gjorda runt om i Skåne från nyligen utförda gallringar. Även produktionsdata från skördarnotan används. En telefonintervju av skördarföraren genomfördes också.

Inventeringen och skördar datan jämfördes mot det verkliga ekonomiska resultatet efter inmätning av flisen. Skördaren är en konventionell John Deere 1070D med ett ackumulerande aggregat av modellen Timberjack 730.

Vid fältinventeringen användes en kombinerad linje- och cirkelytsinventering. Slumpvalda nätmönstrat förband med cirkelytor på 50 m² användes. Variabler som samlades in var stubbdiameter, brösthöjdsdiameter, trädhöjd, grönkrongränshöjd och träslag. Stickvägsbredd samt avstånd mellan stickvägar mättes också.

Insamlad data användes i flertalet regressioner, för att finna samband mellan beståndsdata och produktivitet. Funktioner från andra studier användes också för att få fram nya variabler och data. För att göra jämförelser av ekonomiskt netto användes ett värde på energiinnehåll samt ett pris. Senare användes det verkliga utfallet av energiinnehåll och priset på bioenergi i en känslighetsanalys.

Resultaten som framkom kan inte betraktas som statistiskt säkerställda, sannolikt till följd av icke representativ data orsakad av för litet sampel. För uttag av stammar i timmen korrelerat mot produktivitet finns tydlig positiv trend, och likaså för medeldiameter och produktivitet.

Det subjektiva intrycket från skördarföraren är att nettot till största del avgörs av hur skicklig föraren är, tillsammans med vilka förhållande som materialet har lagrats under. Föraren anser att för att nå högsta produktivitet bör beståndet bestå av triviallövträd, vara lagom grovt och lagom högt.

Fältinventeringen försvårades av att det ibland var svårt att urskilja topparna på träden vid höjdmätning. Snö försvårade letandet efter stubbar och oanpassade funktioner är några felkällor. Inmätning av materialet utfördes under ej kontrollerade förhållanden, vilket gör att man inte kan dra någon slutsats om vädrets påverkan på energiinnehållet. Lika så densiteten i olika träslag bortsågs ifrån.

I den känslighetsanalys som gjordes upptäcktes att för att bibehålla samma netto vid en nedgång av pris och energiinnehåll med respektive 20 %, krävdes en produktivitetshöjning med 52 %. Samtliga bestånd erhöll positivt ekonomiskt netto vid ett energipris på 158 kr/m³s och ett energiinnehåll på 1,0 MWh/m³s.

Som studier från Skogforsk visar finns det en outnyttjad tillgång av bioenergi i konfliktbestånd. Framtiden får utvisa, men mycket tyder på en fortsatt teknikutveckling samt att priset på bioenergi ökar, vilket ger minskad risk till negativt ekonomiskt netto.

Keywords: Ackumulering, klippskördare, konfliktbestånd, lövgallring, beståndsflisning

Abstract

The area of stands that should've been pre-commercially harvested is increasing. Due to this trend methods of nontraditional type to utilize these over-grown stands will be more and more common. One of these new methods is extraction of bio-fuel using a system with accumulating harvester-head and a traditional harvester, this system is examined in this study.

In this paper inventory field data together with data from the harvester is used to learn more about the properties of a stand that influence productivity, regarding extraction of bio-fuel in young stands. The study was carried out on seven sites in Skåne.

The data were analyzed by regression analyses and possible relationships between specific properties of a stand, and the productivity were examined.

The properties that were examined among others mean stem diameter, height, numbers of trees, tree species and percentage service road. No significant results were found, only some tendencies. Trends indicated that the net for all compartments were positive in economical net, if calculated with 158 SEK/MWh and an energy content of 1.0 MWh/m³s.

The productivity constraints that the harvester operator perceived is from if careless crane movements are allowed, depending on the sensitivity of the remaining stems. The financial net output primarily depends on the energy price and energy content.

If the price of biofuel is increased by 20 %, the productivity could be decreased with 29 % and still obtaining the same economic net.

Previous studies show that mechanical harvesting in young stands should only be done at a larger mean stem (>0,046 m³sk) if positive financial net is the goal, according to previous studies and also according to tendencies in this study.

Innehåll

Introduktion	8
Material & Metoder	12
Resultat	18
Diskussion	24
Referenser	27

1 Introduktion

1.1 Bakgrund

Sedan 1994 när röjningsplikten togs bort ur skogsvårdslagen (SVL) har ett röjningsberg vuxit upp (Eriksson & Nordén 1999), Skogsstyrelsen räknar med att ca 250000 ha behöver röjas årligen, men mindre än 100000 ha röjs (Ager & Liss 1998). Orsaker till att skötselåtgärder inte utförs i erforderlig tid i unga bestånd är bland annat hög kostnad för motormanuell röjning i unga bestånd och dålig eller ingen ersättning av gagnvirke (Ager & Liss 1998). De bestånd som uppkommer efter att röjning har uteblivit brukar benämnas konfliktbestånd.

Idag brukar konfliktbestånd definieras som ett bestånd där medelhöjden är över 6m där röjningen helt ska ha uteblivit eller där det röjts för få stammar. Dessutom krävs att det står minst 4000-5000 stammar per hektar för att det ska klassas som konfliktbestånd (Olsson, 2004). Traditionellt har man antingen valt att röja konfliktbestånd motormanuellt, eller så har man väntat till en första gallring med motormanuell för röjning. Ett tredje alternativ idag är biobränsleuttag i konfliktbestånd (Olsson, 2004).

För bioenergi från skogen används idag tre olika sorters råvara. Den första är udda trädslag som har låg efterfrågan eller helt saknar marknad i Sverige, detta rör främst lövträd. Den andra är energiplantage med bioenergi som enda syfte. Den tredje är GROT (grenar och toppar) från traditionella ingrepp samt småträdshantering (Silversides & Sundberg, 1989). I detta arbete berörs bioenergiuttag med ursprung i småträdshantering.

Idag bedöms det finnas ca 1miljon ha konfliktbestånd, som motsvarar 64 TWh energi, utifrån vilket ett årligt uttag av ca 5-10 TWh per år är möjligt. Detta är exklusive det potentiella klenträdsutbudet i vägrenar och åkerkanter/betesmarker (Iwarsson Wide, 2009). År 2008 uppgick Sveriges totala skogsenergiuttag till 11TWh, eller ca 6 % av Sveriges totala energiförbrukning, varav endast 1TWh kom från klena träd i bestånd, längs vägkanter eller i åkerkanter/betesmarker. Efterfrågan av biobränsle förväntas dock öka, och potentiellt uttag av skogsbränsle är en resurs i framtiden (Hammar C-H, 2000).

Studier, till exempel Eriksson & Nordén (1999), har visat att uttag av bränsleråvara i klena konfliktbestånd i vissa fall kan förbättra det ekonomiska resultatet, jämfört med konventionell röjning (Tabell 1).

Tabell 1: Prestation av maskinellt uttag av bränsle i eftersatt röjning jämfört med motormanuell röjning, från 1999 (Eriksson & Nordén, 1999).

Bestånd & Uttag	
Uttag, m ³ /ha	233,3
Trädslag	Björk & Gran
Medeldiam, cm	5
Prestation (FMG 0470 Lillebror med EnHar aggregat)	
Avverkning, träd/G ₁₅ -timme	163
Avverkning, m ³ /G ₁₅ -timme	7,9
Resultat	
Netto: maskinell flerträdshantering med biobränsleuttag, kr/ha	-3779
Kostnad: motormanuell röjning, kr/ha	4000

I tabell 2 (Eriksson & Rytter 2000) syns att maskinell avverkning i något grövre skog ger bättre resultat. Detta är dock en enskild studie med få stickprov som visar att skillnaderna är för små för att dra några säkra slutsatser.

Tabell 2: Jämförelse av kostnad för röjning med motormanuellt arbete mot maskinell avverkning med liten drivare och EnHar aggregat, med uttag av bränsleråvara vid tre olika beståndstyper (Eriksson & Rytter 2000).

Medelstam	Medel-diameter	Uttag	Trädslag	Resultat, ekonomiskt	Kostnad: MoMa-röjning
0,024 m ³ sk	6,9 cm	91 m ³ s/ha	Bok	-5220 kr/ha	4225 kr/ha
0,046 m ³ sk	9,2 cm	223 m ³ s/ha	Bok	1480 kr/ha	8225 kr/ha
0,029 m ³ sk	7,6 cm	220 m ³ s/ha	Al, Björk, Ask	-10940 kr/ha	5025 kr/ha

En studie av mekaniserad röjning med en liten klippskördare med ackumulering (Eriksson T. 2007) i klen eftersatt röjning (uttag av 13000 stammar per hektar, medelhöjd 7 m och medeldiameter 4,6 cm) tog i genomsnitt 56,8 G₀-timmar och gav ett ekonomiskt netto på -380 kronor per G₀-timme. Tidsåtgången för motormanuell röjning i motsvarande bestånd beräknad enligt produktionsnormen för motormanuell röjning (Bergstrand et al 1986) är 16,5 G₀-timmar till en kostnad av 254 kronor per G₀-timme. Lönsamheten beror av beståndsegenskaperna, som är av stor vikt vid valet mellan konventionell motormanuell röjning eller maskinell avverkning med uttag av bränsle. Ett sätt för att öka lönsamheten är att öka produktiviteten.

Produktiviteten i gallring beror i sin tur, enligt en studie av Brunberg T 1997, på följande faktorer:

- Stickvägsbredd
- Körhastighet
- Medelstamsvolym
- Trädslag
- Antal kvarstående träd
- Gallringsmetod (stickväg, stickväg med stråk eller stickväg med motormanuellt fällda träd)
- Gallringsform (hög-, låg-, eller likformig)
- Gallringstyp (första-, andra- eller sistagallring)

Dessa påverkande faktorer kan i huvudsak delas upp i tidsåtgång för körning, tidsåtgång för fällning och upparbetning samt övrig verktid. Vid tidsåtgång för körning är det antalet uttagna stammar per hektar som är mest påverkande (Brunberg T, 1997).

Fällning och upparbetning består av kranrörelser, fällning samt kvistning. Här påverkar till exempel medelstamsvolym, gallringsform och trädslag. Skillnaden på tall och gran är väsentlig, och förklaras av hur kvarstående träd försvårar kranarbetet olika vid olika trädslag, även ett tätare bestånd efter gallring försvårar kranrörelserna (Brunberg T, 1997).

Ett problem vid maskinell klenträdgallring är att produktiviteten (m³/h) kan bli så låg att den ekonomiska lönsamheten att gallra försvinner. Ett sätt att öka produktiviteten är att flerträdsantera kapade stammar. Studier har visat en produktionshöjning på upp till 15 % vid hantering av dubbla stammar med brösthöjdsdiameter (DBH) 6-10cm (Brunberg & Svenson, 1990).

I en studie av en större skördare och flerträdsaggregat (John Deere 1270B och Timberjack 745) i tallgallring framkom att produktiviteten höjdes med 18 %, från 7,9 m³fub/G_{15h} till 9,3 m³fub/G_{15h}, i gallring med ackumulerande aggregat jämfört med enträdsaggregat. I studien flerträdshanterades stammar upp till 0,2 m³fub och 54 % av träden blev flerträdshanterade. (Bergkvist I. 2003).

En rapport från 1990 pekar på att drivningskostnaden kan sänkas med 5-27 % om man uppnår 3 fällkap per krancykel. Detta är ett system där först en liten maskin (FMG 0410 Lillebror) fäller och sammanlägger stammarna i stickvägen och sedan en annan maskin upparbetar, som jämfördes med singelträdshanterad maskinell gallring (Brunberg et al, 1990).

Enligt en enkätundersökning från 2008 fanns 94 skördare som i huvudsak arbetade med skogsbränsle i Sverige, en siffra som förväntas öka (Iwarsson Wide M, 2009). Det finns idag ett tjugotal olika aggregat för klenträdshantering med ackumulering (vilket möjliggör flerträdshantering), vilket tyder på en omogen marknad, vilket i sin tur innebär att tekniken fortfarande har utvecklingspotential (Iwarsson Wide M, 2009).

Idag finns tre huvudtyper av aggregat för flerträdshantering, vilka alla har sina för- och nackdelar (Iwarsson Wide M, 2009), som sammanfattas i tabell 3. Klippaggregaten använder knivar som med hjälp av hydraulik antingen skär (giljotin) eller klipper (kniv) stammen. Klingor är roterande skivor med sågtänder som kapar stammen likt en röjsåg. Svärdsaggregaten är i stort sett traditionella aggregat som byggts om för flerträdshantering (Iwarsson Wide M, 2009).

Tabell 4: En kort summering av de idag på marknaden förekommande systemen och dess för- och nackdelar (Iwarsson Wide M, 2009).

Kniv/Giljotin	Klingor	Svärd
+ Relativt billiga i inköp	+ Snabb avskiljning av stammen	+ Snabb avskiljning av stammen
+ Enkel konstruktion, billiga i drift och underhåll	+ Kan också användas för att röja bort små stammar	+ Hög tillgänglighet
- Ganska långsam avskiljning av stammen	+ Kan avverka under körning	+ Flexibelt – kan avverka både massaved och energived tack vara möjligheten att kvista
- Kräver relativt mycket kraft	- Problem i kuperad eller stenig terräng och i granbestånd med gröna grenar ända ner till stambasen. Där kan det vara svårt att se sten mm. som kan skada klingan.	+ Matarvalsar underlättar nedläggning av träd
- Kan inte avverka under körning	- Klarar inte att kapa stammar grövre än 30cm	+ Kan avverka stammar grövre än 50cm
- Klarar inte att klippa stammar grövre än 30cm		- Kräver relativt stor motoreffekt
		- Kedjan kan kränga eller nypa vid avverkning av små träd eller buskar

Gällande själva flerträdshantering har tidigare studier av flerträdsaggregat med klipp visat att ca 49-83 % av tiden går åt till flytta kranen (Ersson T 2007 & Gullberg et al. 1998). Varje krancykel gav mellan 3,05 och 3,69 fällkap och varje fällkap fällde mellan 1,26 och 1,55 träd (Gullberg et al 1998). Enligt Skogforsk ligger idag medeltalet för antal ackumulerade träd per krancykel på ca 1,9-2,5, och en ökning till 3,0 träd per krancykel innebär en produktivitetsökning på 15 % (Iwarsson Wide M, 2009). Produktivitetsökningen är alltså avgörande för det ekonomiska resultatet.

Fortsatt så har ett ackumulerande aggregat i klenare bestånd (0,008 m³ fub medelstam) en produktion på ca 2,25 råton/h (råton biomassa per timme) (Blom P 1999). Som jämförelse rekommenderar tillverkaren av det ackumulerande aggregatet, EnHar, produktion över 3,5 råton/h för att säkerställa ett positivt ekonomiskt netto (Blom P 1999).

En av de ekonomiskt påverkande faktorerna för hantering av konfliktbestånd är beståndsstorleken. Ett mindre bestånd är ur ekonomisk synvinkel fortfarande bättre att röja med röjsåg, då ovannämnda maskinella system har höga fasta kostnader för bl. a flytt och administration (Andersson L 2008).

Av de studier av flerträdshantering och biobränsleuttag som tidigare gjorts, kan konstateras att spridningen av resultaten är stora, samt att metoden med flerträdshantering antingen behöver en större intäkt, dvs. högre råvarupris, eller en lägre kostnad, dvs. en ökad produktion. En ökad produktion uppnås i dagsläget enklast genom att endast använda maskinell flerträdshantering i konfliktbestånd när beståndet är optimalt för detta. Dock bör lönsamheten öka med efterfrågan av råvara, vilket i så fall skulle innebära att framtiden bär större potential för att lönsamheten blir stabil.

Stora Enso Bioenergi AB har sedan ett par år tillbaka ett nytt system för att nå de konfliktbestånd. I det systemet ingår en traditionell gallringsskördare med flerträdsaggregat. Skördaren klipper stammarna från en stickväg likt en vanlig gallringsskördare, och lägger buntarna som uppkommer intill stickvägarna. Efter skördaren följer en beståndsgående flisare vid lämpligt tillfälle, som flisar dessa buntar intill stickvägen, varpå flisen skotas till bilväg och töms i containrar. Ingen stickvägsplanering utfördes i studerade bestånd.

Traditionellt väntar man med åtgärd i ett eftersatt röjningsbestånd, men i och med att efterfrågan inom bioenergimarknaden ökar har man på Stora Enso Bioenergi AB försökt att med denna metod få ett bättre ekonomiskt resultat i dessa konfliktbestånd, genom att minska kostnaden för avverkningen.

1.2 Syfte

Sedan Stora Enso Bioenergi AB's klippsskördarsystem togs i bruk har man haft varierande resultat vad gäller nettoresultatet. Syftet med detta examensarbete är att ge en inblick i de produktivitetspåverkande bestandsvariabler för detta system, som i sin tur påverkar det ekonomiska resultat. En analys av hur energiinnehållet och energipriset påverkar lönsamheten har också utförts.

De bestandsvariabler som analyserades har alla produktivitetspåverkan (Brunberg T, 1997), och de är:

- Medeldiameter, cm, av uttag
- Andel stickväg, %
- Medelhöjd, m
- Uttag av volym, m³/ha
- Uttag av stammar, st/ha
- Stamantal innan gallring
- Stamantal efter gallring

Beståndsvariabler som analyserades som inte har produktivitetspåverkan (m^3/h):

- Energiinnehåll, MWh per m^3 s
- Energipris, kr/MWh

2 Material & Metoder

2.1 Material

2.1.1 Data

Bestånd

Val av bestånd för denna studie gjordes genom SEBAB's beståndsregister. Bestånden måste vara, av SEBAB, gallrade bestånd där flisning skett eller skulle ske inom kort, för att mätbesked från värmeverket inte skulle dröja för länge. Ingen stickvägsplanering hade utförts i de studerade bestånden. Föraren har vid gallring av inventerade bestånd arbetat fyra år som förare för just den maskinen (Andersson L 2008). De klippta buntarna ligger kvar i beståndet över en vinter innan de flisas och körs till industri (Andersson L, 2008). En så stor spridning som möjligt av trädslag och medeldiameter eftersträvades. Vid samtliga bestånd användes samma utrustning och förare. Fältarbetet gjordes i sju bestånd hos sju olika markägare, varje bestånd genererade en skördarnota. Utöver de 7 skördarnoterna gavs tillgång till ytterligare 7 skördarnoter med tillhörande mätbesked från skördade liknande bestånd där fältinventering ej är gjord, vilket vid vissa jämförelser är användbara och då ger ett större underlag.

Beståndshistoriken är okänd för samtliga bestånd utom bestånd nr 7 där gallring med klipp utförts tidigare (Andersson L 2008). Bestånden var utspridda över större delen av Skåne, alla inom breddgrad 55,5 °N -56,5 °N, och aldrig över 130 m över havet. Figur 1. En sammanfattning över beståndsegenskaperna ses i tabell 5 och 6.

Tabell 5: Beståndsmedelvärden från provyteinventeringen och mätbesked avseende beståndet innan gallring.

	<i>Stamantal</i>	<i>Medeldiameter</i>	<i>Medelhöjd</i>	<i>Areal</i>	<i>Trädslag,</i>	<i>Medelstam</i>	<i>Netto</i>
<i>*</i>	<i>(st/ha)</i>	<i>Dbh (cm)</i>	<i>(m)</i>	<i>(ha)</i>	<i>huvudstammar</i>	<i>m³sk/stam</i>	<i>(kr/ha)</i>
1	1687	11,90	0,081	10,3	Björk	14,50	9547
2	3171	8,36	0,040	6,3	Ek	9,12	4181
3	1633	9,76	0,038	3,0	Björk	9,29	7610
4	3440	9,83	0,136	2,7	Lind	7,18	5938
5	3033	9,10	0,045	6,7	Björk	9,38	4759
6	4600	12,42	0,102	3,5	Björk	12,31	8633
7	1926	6,96	0,014	12,2	Bok	4,57	4759

** beståndsnummer*

Tabell 6: Beräknade beståndsmedelvärden från provyteinventeringen samt data från skördarrapportering.

	Avverkade stammar	Medeldiameter Dbh av uttag	Medelhöjd av uttag	Uttag av volym (%)	Stickvägsandel	Produktivitet (m ³ sk/h)
* (st/ha)	(cm)	(m)				
1	932	10,52	13,70	19,20	41,5	25,5%
2	1748	7,57	9,19	16,31	41,9	23,2%
3	783	8,30	8,93	23,50	33,8	28,4%
4	1700	10,27	7,61	19,27	53,8	29,9%
5	2050	6,62	8,21	12,60	28,8	25,7%
6	2600	12,30	8,76	25,77	62,7	33,5%
7	1057	5,85	5,69	2,61	44,6	25,1%

* beståndsnummer



Figur 1: Karta över de inventerade beståndens placering.

Skördarsystem

Det maskinella arbetet gjordes av en John Deere 1070d skördare och John Deere Timberjack 730 klippaggregat med möjlighet att ackumulera. Skördaren är utrustad med TimberMatic 300 skördardator och 11,3 m kran. Aggregatet är anpassat för sena röjningar och klena gallringar, och klarar att fällklippa stammar upp till 30cm i diameter.

Produktionsdata innehåller data från skördarnotorna och är de uppgifter som skördaren samlar in vid drift, och som senare även är underlag av utförd arbetstid. Vid inmätning vid industri erhålls mätbesked, som redovisar energiinnehåll samt volym. Av produktionsdata, inventeringar och mätbesked framgick följande data

• Tidsåtgång, h, avverkning	Produktionsdata
• Tidsåtgång, h, manuellt arbete	”
• Kostnad, kr per timme, skördare	”
• Kostnad, kr per timme, manuellt arbete	”
• Antal klipp	”
• Antal avverkade hektar	”
• Stamantal, st/ha	Inventering
• Medeldiameter, DBH, cm	”
• Medeldiameter, stubbe, cm	”
• Medelhöjd av stammar efter gallring, m	”
• Antal stubbar/ha	”
• Trädslagsfördelning	”
• Flisningskostnad, kr per m ³ s	Produktionsdata
• Volym flisad energiråvara, m ³ s	Mätbesked
• Energiinnehåll, mWh per m ³ s	”

Intervju av skördarföraren

En telefonintervju av skördarföraren genomfördes med inriktning mot upplevda produktivitsbegränsande faktorer.

2.2 Metoder

Fältarbete

Arbetet inleddes med praktisk fältdatainsamling, där en kombinerad linje- och cirkelytsinventering användes. Inventeringen utfördes efter att både avverkning och flisning var utförd.

Insamling av beståndsdata gjordes genom slumpmässigt utlagt nät med jämnt förband av cirkelprovytor á 50 m². Antalet cirkelprovytor varierade mellan 9 och 18, med ett mål att göra 13 ytor per bestånd. Vid cirkelprovytsinventeringen registrerades diameter i brösthöjd och rotskärsdiameter för stående träd, och endast rotskärsdiameter för redan avverkade träd. På varje provyta höjdmättes samt krongränshöjd mättes de fem första träden, med början från norr och fortsatt motsols. Grön krongräns definieras som tredje friska grenen nerifrån.

I varje bestånd mättes även stickvägsbredd samt bredd mellan stickvägar. En stickväg per bestånd valdes subjektivt ut, och punkter lades med jämna mellanrum så att tio punkter erhöles. Vid varje punkt mättes stickvägens bredd och avstånd från mitten på stickvägen till mitten på närmaste stickvägen till vänster.

Data med ursprung från fältarbetet samlas under benämningen *inventering* i detta arbete.

2.3 Behandling av data

Insamlad beståndsdata användes för att skatta sambanden mellan rotskärsdiameter och DBH samt DBH och höjd. Detta gjordes genom regression i programmet Microsoft Excel 2007. För att få en bättre funktion att skatta DBH utifrån rotskärsdiameter, användes två regressioner för bokar. En för de med DBH >60 mm och en för de med DBH <60 mm. För övriga trädslag gjordes endast en regression för rotskärsdiameter och DBH.

Vid regression av rotskärsdiameter/brösthöjdsdiameter användes en linjär funktion och vid höjd/brösthöjdsdiameter användes ett 2:a grads polynom härledd från logaritmisk funktion (Albrektsson et al. 2008, Edgren & Nylander 1949). Regressioner för DBH/höjd gjordes en för varje bestånd och trädslag.

Vid regression för DBH som funktion av rotskärsdiameter framkom

Björk: (bestånd; 1, 3, 6, 7)
 $y = 0,7393x - 1,4252$

$$R^2 = 0,917$$

Bok (DBH \geq 6cm): (bestånd: 5)
 $y = 0,7493x - 1,1245$

$$R^2 = 0,948$$

Bok (DBH < 6cm): (bestånd: 5)
 $y = 0,7783x - 1,2118$

$$R^2 = 0,878$$

Lind: (bestånd: 4)
 $y = 0,7233x + 0,0963$

$$R^2 = 0,772$$

Ek: (bestånd: 2)
 $y = 0,6022x + 0,6447$

$$R^2 = 0,930$$

$y = \text{projicerad DBH, cm}$

$x = \text{rotskärsdiameter, cm}$

Vid regression för trädhöjd som funktion av DBH framkom

Bestånd 1: Björk
 $y = -0,0656x^2 + 2,0906x + 0,089$

$$R^2 = 0,573$$

Bestånd 2: Ek
 $y = 0,0806x^2 + 0,3934x + 0,9297$

$$R^2 = 0,604$$

Bestånd 3: Björk
 $y = -0,0564x^2 + 2,1497x - 3,0326$

$$R^2 = 0,602$$

Bestånd 4: Lind
 $y = -0,0101x^2 + 0,5317x + 2,2728$

$$R^2 = 0,678$$

Bestånd 5: Bok
 $y = 0,0019x^2 + 0,4197x + 5,3105$

$$R^2 = 0,780$$

Bestånd 6: Björk
 $y = -0,0288x^2 + 1,17x + 0,9974$

$$R^2 = 0,627$$

Bestånd 7: Björk
 $y = -0,0374x^2 + 1,2369x + 0,7408$

$$R^2 = 0,595$$

$y = \text{projicerad trädhöjd, m}$

$x = \text{DBH, cm}$

Volymen stamved beräknades med hjälp av veddensitet och biomassafunktioner för björk i södra Sverige (Marklund L-G 1988). För densitet användes medelvärdet för givna torrdensitetintervall i tabell 7.

Funktion av Marklund: Torrsvikt av stamved på bark: B-2

$$\ln(m_{\text{stam p.b.}}) = -3,5686 + 8,2827 * d / (d + 7) + 0,0393 * h + 0,5772 * \ln(h)$$

$m_{\text{stam p.b.}}$ = torrsvikt, kg

d = brösthöjdsdiameter, cm

h = höjd, m

Volymen beräknades därefter enligt följande formel:

$$V_{m3sk} = (EXP(m_{stam\ p.b.}))/m_{td}$$

$$V_{m3sk} = \text{volym av träd, } m^3/sk$$

$$m_{td} = \text{torrdensitetsmassa, } kg/m^3$$

Tabell 7: Torrdensitetintervall från J. Boutelje

Trädslag	Densitet, kg/m ³
Björk	580-620
Ek	650-720
Bok	640-680
Lind	490-520

För beräkning av det ekonomiska nettot för hela klippskördarsystemet användes ett energiinnehåll på 1 MWh/m³s för samtliga träslag, samt ett energipris 158 kr/MWh, se figur 2 för mätt energiinnehåll per träslag (Andersson L 2008.) Produktionsdata hämtades från skördardatorn och tillsammans med data från slutmätningen av flisvolym från mätplatserna vid industri beräknades netto, vilket gav 14 sample. Skördarens kostnad baserades endast på total tidsåtgång för respektive markägare, och priset för skördaren var 850 kr/h. Priset för flisning är 57 kronor per m³s. (Andersson L 2008.) Detta berörs vidare i känslighetsanalysen.

Inför känslighetsanalysen beräknades netto utefter den kostnads kalkyl samt intäkt som redovisas för respektive markägare, enligt SEBAB. Nettot beräknades enligt:

$$N = C_{sk} * T + C_{man} * T + C_{flisare} * V_{m3s} + R_{kr/mwh} * V_{m3s} * E_{mwh}$$

$$N = \text{netto, } kr$$

$$C_{sk} = \text{timkostnad klippskördare, } kr/h$$

$$T = \text{tidsåtgång, } h$$

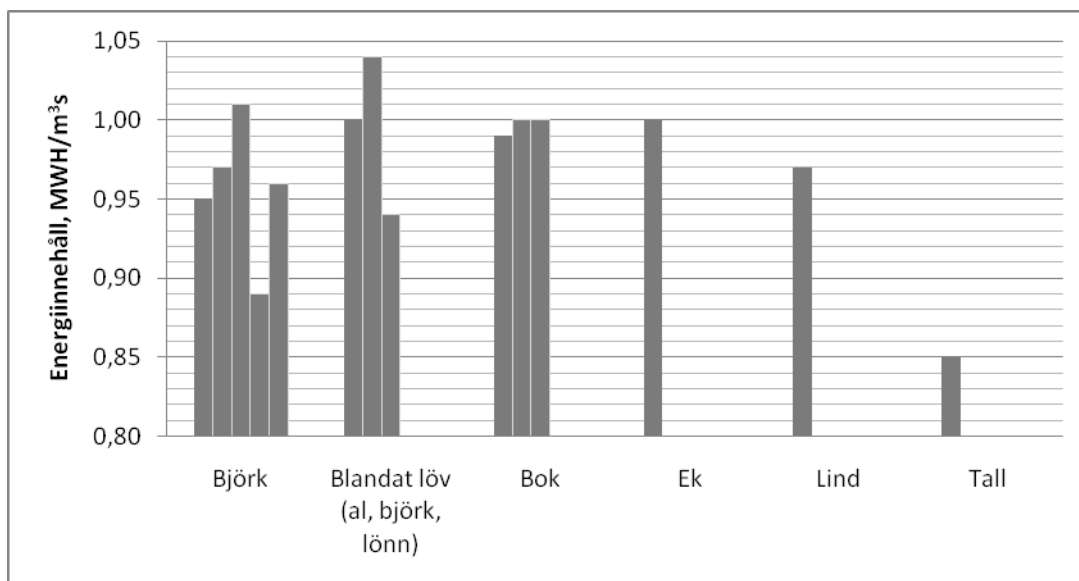
$$C_{man} = \text{timkostnad manuellt arbete, } kr/h$$

$$C_{flisare} = \text{kostnad flisning, } kr/m^3s$$

$$V_{m3s} = \text{flisad volym energiråvara, } m^3s$$

$$R_{kr/mwh} = \text{intäkt per mWh, } kr /mWh$$

$$E_{mwh} = \text{energiinnehåll flisad energiråvara, } mWh/m^3s$$



Figur 2: Energiinnehåll för samtliga 14 bestånd indelade i olika trädslagsblandningar baserat på vid industri inmätt värde. Varje värde representerar medel energi innehåll för ett bestånd.

Analys

I resultatdelen presenteras resultat från följande analyser från följande data, med funktionen $y=kx+m$;

Tabell 8: Resultatdelens innehåll med ursprungsdata.

Netto av $X_{\text{produktivitet}}$	Ursprung av data för netto: Inmättningsunderlag
	Ursprung av data för $X_{\text{produktivitet}}$: Skördarnota
	Antal bestånd i underlag: 14
Produktivitet av $X_{\text{medeldiameter}}$	Ursprung av data för produktivitet: Skördarnota
	Ursprung av data för $X_{\text{medeldiameter}}$: Inventering
	Antal bestånd i underlag: 7
Produktivitet av $X_{\text{Medelhöjd}} + K^*$	Ursprung av data för produktivitet: Skördarnota
	Ursprung av data för $X_{\text{Medelhöjd}}$: Inventering
	Antal bestånd i underlag: 7
Produktivitet av $X_{\text{Medel torrsubstansvikt, uttag}}$	Ursprung av data för produktivitet: Skördarnota
	Ursprung av data för $X_{\text{Medel torrsubstansvikt, uttag}}$: Inventering
	Antal bestånd i underlag: 7
Produktivitet av $X_{\text{Stickvägsandel}}$	Ursprung av data för produktivitet: Skördarnota
	Ursprung av data för $X_{\text{Stickvägsandel}}$: Inventering
	Antal bestånd i underlag: 7
Produktivitet av $X_{\text{Stammantal}}$	Ursprung av data för produktivitet: Skördarnota
	Ursprung av data för $X_{\text{Stammantal}}$: Inventering
	Antal bestånd i underlag: 7

<i>Produktivitet av $X_{\text{Antal klipp/ha}}$</i>	Ursprung av data för produktivitet: Skördarnota
	Ursprung av data för $X_{\text{Antal klipp/ha}}$: Inventering
	Antal bestånd i underlag: 6
<i>Produktivitet av $X_{\text{Antal klipp/h}}$</i>	Ursprung av data för produktivitet: Skördarnota
	Ursprung av data för $X_{\text{Antal klipp/h}}$: Inventering
	Antal bestånd i underlag: 6
<i>Produktivitet av X_{Uttag}</i>	Ursprung av data för produktivitet: Skördarnota
	Ursprung av data för X_{Uttag} : Inventering
	Antal bestånd i underlag: 7

I känslighetsanalysen jämfördes olika ekonomiska netton vid olika energiinnehåll (MWH/m³s) och olika energipriser, allt underlag utgick från samtliga 14 bestånd.

3 Resultat

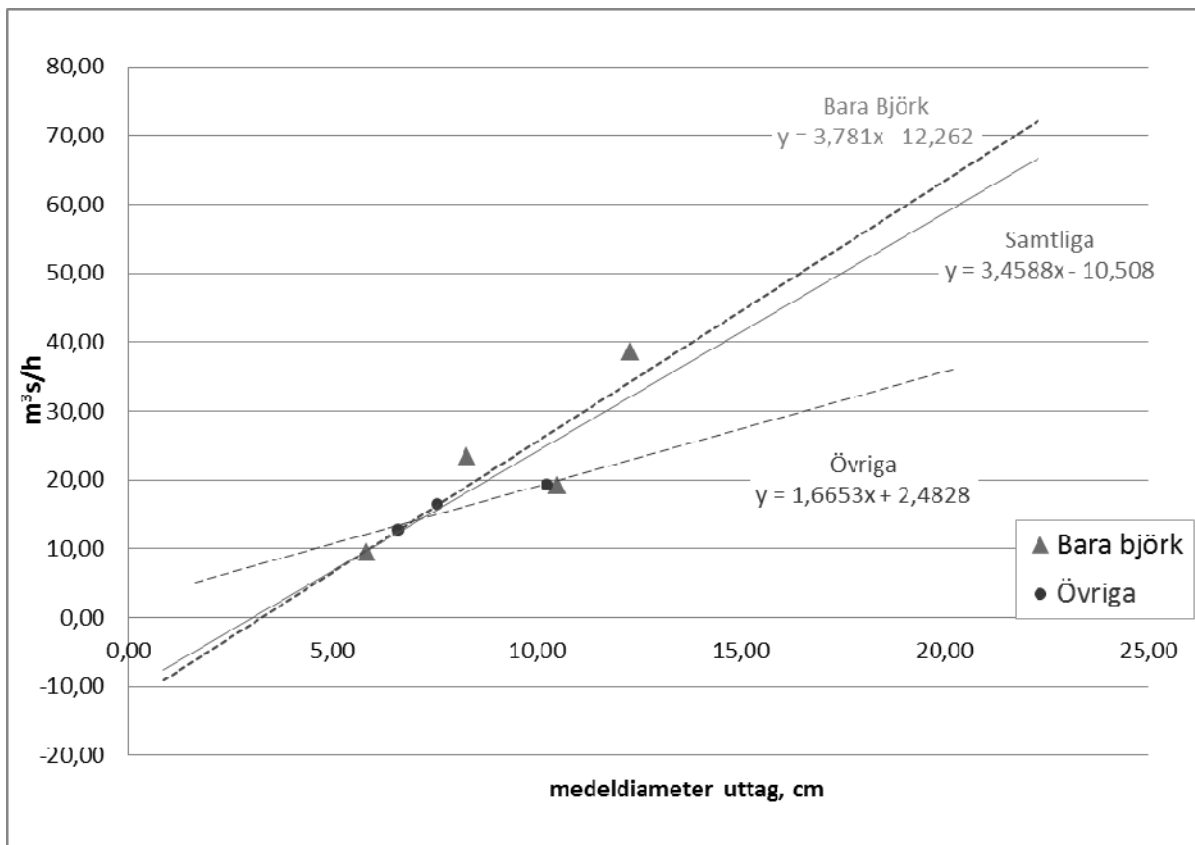
3.1 Produktivitet

I analyserna av samband mellan produktivitet och olika enskilda bestandsvariabler erhöles inga statistiskt signifikanta resultat, se tabell 9.

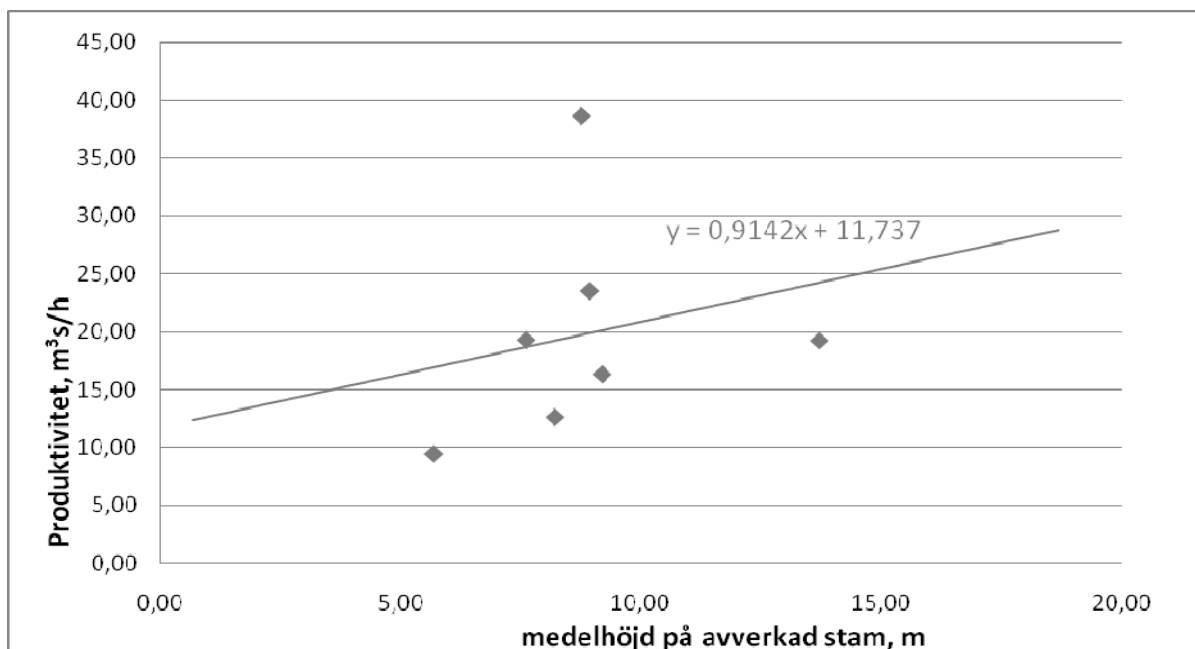
Tabell 9: Sammanfattning av de statistiska data och dess signifikans.

<i>Funktion</i>	<i>Konstant</i>		<i>Variabel</i>		<i>R²</i>
	P-värde	Koefficient	P-värde	Koefficient	
Netto/ha av m ³ /h	0,408280	1782,0419	0,020593	265,4231	0,371835
m ³ /h av medeldiameter, uttag	0,278811	-10,5083	0,015341	3,4588	0,722986
m ³ /h av medelhöjd, uttag	0,482638	11,7372	0,612163	0,9142	0,055168
m ³ /h av medelstam, m ³ sk, uttag	0,861539	-2,4669	0,148469	0,4989	0,368283
m ³ /h av stickvägsandel	0,238323	-31,8508	0,080296	1,8915	0,489142
m ³ /h av stamantal, innan	0,555663	5,9615	0,178715	0,0050	0,328349
m ³ /h av antal klipp/ha	0,115160	22,2761	0,828556	-0,0025	0,013179
m ³ /h av antal klipp/h	0,052604	5,3246	0,093042	0,0848	0,235149
m ³ /h av uttag volym i %	0,861540	-2,4669	0,148469	0,4989	0,368283

Man kan i figur 3 se ett samband mellan produktivitet och medeldiameter. Detta samband styrker att produktiviteten är högre vid gallring i björkbestånd, vilket stämmer överrens med skördarförarens uppfattning. Medelhöjdens påverkan på produktiviteten är förutom volymökningen per hanterat träd också en begränsning av produktiviteten genom hanterbarhetssvårigheter för skördaren, se figur 4.

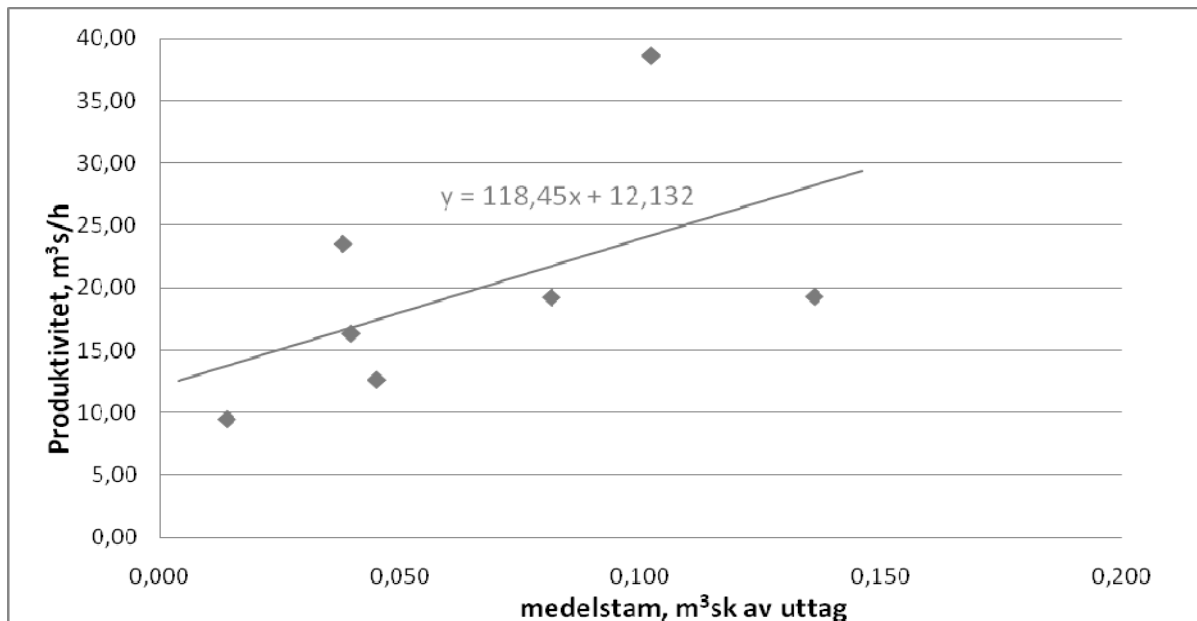


Figur 3: Samband mellan medeldiameter av uttagna stammar och produktivitet i samtliga de 7 fältinventerade bestånden och uppdelat på björkbestånd och övriga bestånd.



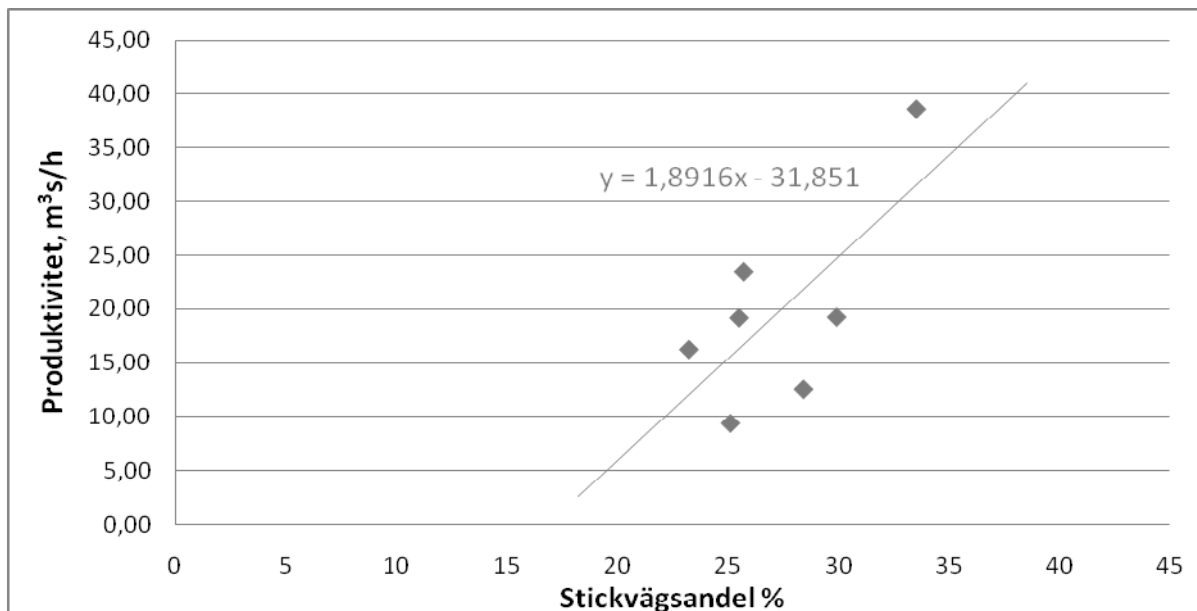
Figur 4: En horisontell trendlinje.

Produktiviteten som funktion av medelstam (m^3sk) per bestånd, se figur 5.



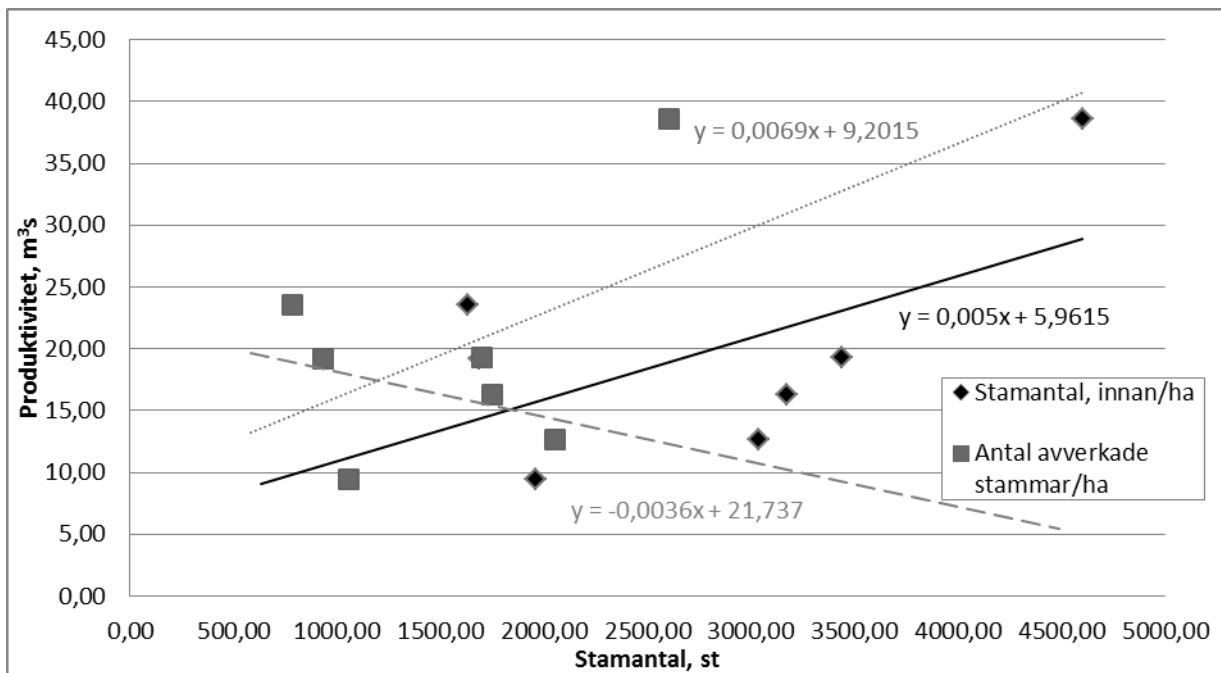
Figur 5: Produktiviteten som funktion av medelstam av uttag per bestånd.

Man kan se produktiviteten korrelerat till stickvägsandel, då stickvägar klipps snabbare än det övriga behandlade beståndet (Nilsson P.), figur 6.



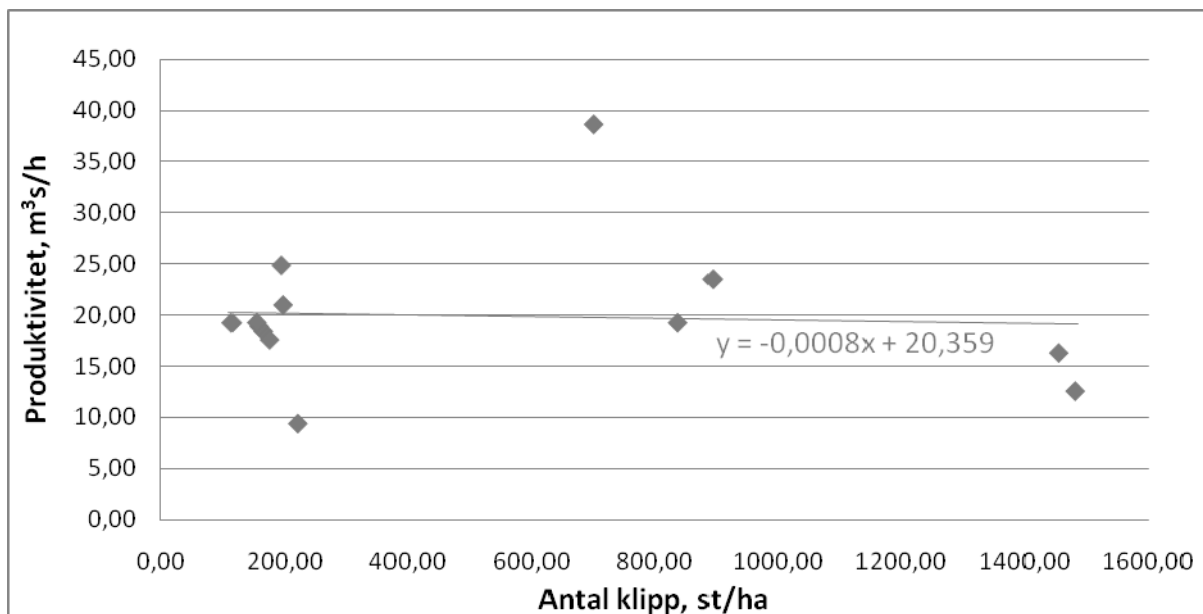
Figur 6: Stickvägens andel och dess påverkan på produktiviteten.

Stamantalets påverkan på produktivitet stöder den röda trendlinjen i antagandet om att fler avverkade stammar/ha ger högre produktivitet. Bortser man från extremobjektet med $38,6\text{m}^3\text{s/ha}$ får trenden motsatt lutning (grön trendlinje), vilket visar att det är för få observationer, i figur 7.



Figur 7: Stamantalets påverkan på produktiviteten. Heldragen trendlinje ger en bild av hur antalet stammar innan gallring påverkar produktiviteten. Prickig trendlinje för antalet avverkade stammar/ha, streckad trendlinje visar hur lutningen blir för antal avverkade stammar/ha om man utesluter objektet med $38,6 \text{ m}^3/\text{s/h}$.

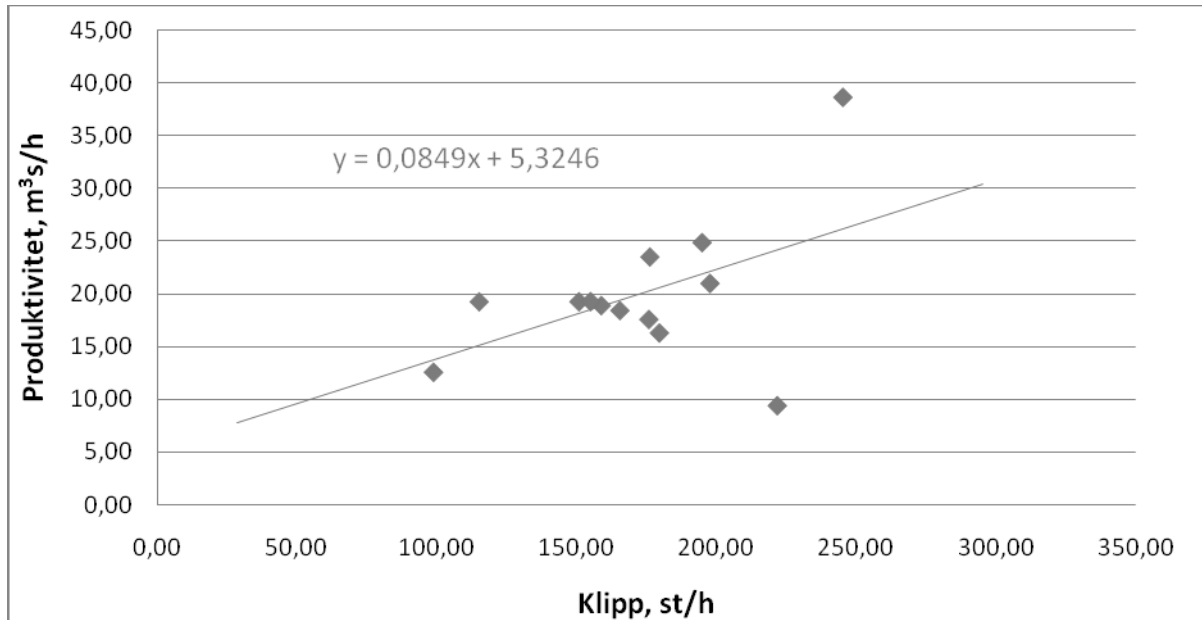
Antal klipp per hektar ger mycket svag skattning av produktivitet. Här används endast skördardata som underlag, figur 8.



Figur 8: Produktivitet som funktion av antal klipp per hektar.

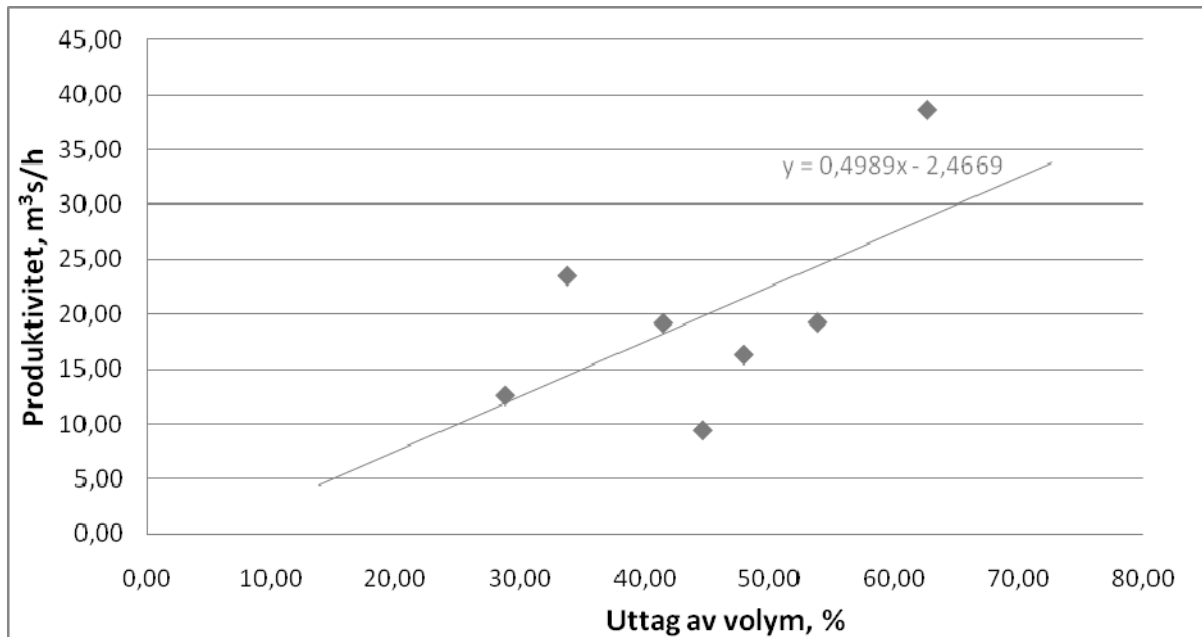
Ett samband som vid samma medelstam för avverkade stammar bör korrelera väldigt starkt är antalet klipp per timme och avverkad m^3/s per timme. Beräkning av korrelationskoefficienten för

sambandet mellan produktivitet och antalet klipp per timme gav ett måttligt starkt positivt samband som indikerade att då antalet klipp per timme ökade, ökar produktiviteten. Att trendlinjen skär nära origo styrker sambandet. Se figur 9.



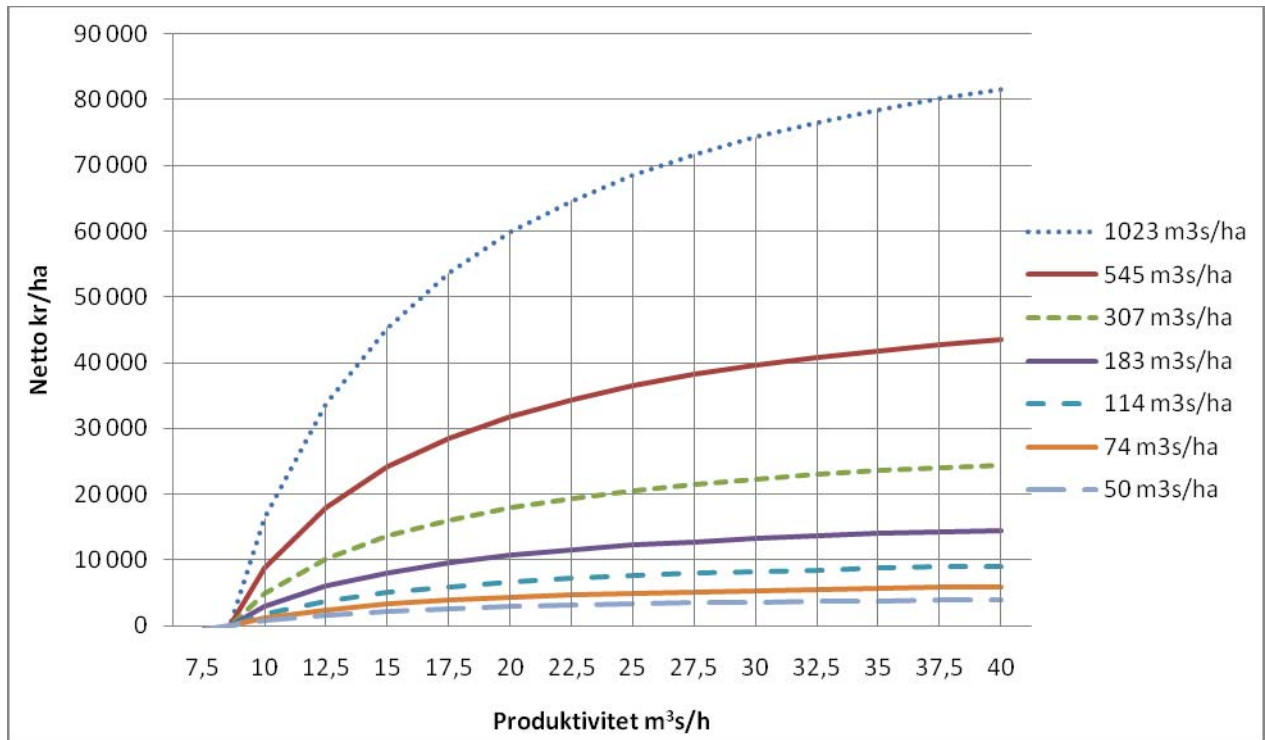
Figur 9: Antal stammar per timme mot produktiviteten.

Av uttag av volym (%) så ger trendlinjen en högre produktivitet vid högre procentuellt uttag, se figur 10. Anmärkningsvärt är att trendlinjen i förlängning skär nära origo (-2,47), vilket styrker att lutningen är korrekt, trots få sample.



Figur 10: Uttaget korrelerat till produktivitet.

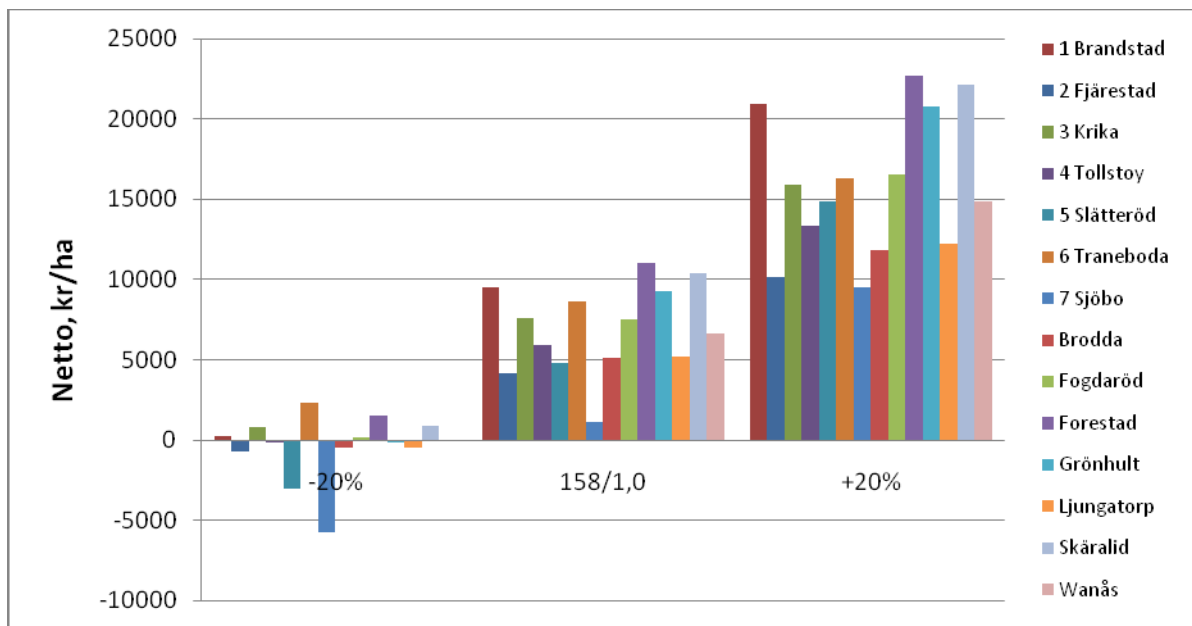
Dessa produktivitetspåverkande faktorer påverkar i sin tur nettot per hektar. Det möjliga nettot per hektar beror på hur stort uttag som är möjligt per hektar. I figur 11 är 7 produktionskurvor uppritat korrelerat mot netto per hektar vid olika max uttag per hektar. Det är svårt att grafiskt skatta brytpunkten för när produktiviteten blir för låg för ett positivt netto, men det infaller mellan 8 och 9 m³/h. Detta har inte undersökts mer i detta arbete.



Figur 11: Sambandet mellan produktivitet och netto för bestånd med olika max uttag per hektar.

3.2 Känslighetsanalys

Skillnaden i netto vid jämförelse av $\pm 20\%$ av energipris samt $\pm 20\%$ av energiinnehåll ger som mest 21235 kr/ha skillnad, och den minsta skillnaden är 10892 kr/ha. Se figur 12.



Figur 12: Netto/ha vid medelvärde (158/1,0), -20% (126,4/0,8) och +20% (189,6/1,2) för energipris och energinnehåll (mWh per m³ s).

Vid en prissänkning eller prishöjning med 20 % framkom att skillnaden i genomsnitt på nettot/ha blir 58,5 %, vilket går att förklara med de relativt små objekten och den fasta kostnad som belastar varje objekt. Det samma gäller för energiinnehållets förändring och dess påverkan på nettot/ha.

4 Diskussion

Material & Metoder

Vid inventeringen var det svårt att pga skymd sikt stundtals mäta höjden på träden. Detta bör inte vara något som påverkar resultaten nämnvärt, då den verkliga höjden inte bör avvika nämnvärt från det uppskattade höjden.

På grund av kvarliggande ris och högt gräs i gallringen, var det även svårt att vara säker på att samtliga stubbar inventerades inom provytan. Det vore att föredra att inventering skedde under vintertid, då träden är avlödade och gräset dött.

De funktioner som användes för kubering, var framtagna endast för björk samt för träd med DBH >5 cm. Detta innebär ett bias som är svårt att skatta tyngden för. Då medel DBH på inventerade stammar låg mellan 6cm och 11cm innebär det att flertalet sample ligger utanför funktionens användningsområde.

Då energiinnehållet i inmätt flis ej följer något trädslagssamband användes samma värde vid samtliga beräkningar, vilket innebär att ingen hänsyn till hur flisen har hanterats eller lagrats tagits.

Resultat

Vid ökad produktivitet ökar även nettot. Inga säkra produktivitetsnivåer för positivt netto kan fastställas då slutsatsen påverkas av mitt antagande att densiteten är samma för alla träd inom ett trädslag. Problematiken med att förutspå netto vid uttag av energi är de faktorer som man inför avverkningen ej kan påverka. Dessa är energipris och energiinnehåll.

Nedan visas hur energiinnehåll och prisförändringar påverkar netto och produktivetskrav för att uppnå samma netto. Observera att förändring på energiinnehåll tillkommer utöver de redan pålagda prisförändringseffekterna, vilket totalt ger 52 % ökning, dvs. vid en pris- och energiinnehållsförändring med -20 % ökar kravet på produktiviteten med 52 %. En sammanfattning av energiprisets och energiinnehålls påverkan ses i tabell 11.

Tabell 11: Jämförelse av priset och energiinnehållets påverkan av netto och produktivetskravet för att uppnå samma netto.

Förändring pris	Förändring energiinnehåll	Andel netto	Andel produktivetskrav	Produktivetskrav m³s/h	
0	0	100%	100%	10	(referens)
+20%	0	159%	71%	7	
-20%	0	41%	129%	13	
0	+20%	159%	71%	7	
0	-20%	41%	129%	13	
+20%	+20%	229%	46%	5	
-20%	-20%	-5%	152%	15	

Medelstickvägsandelen är 26,2 %, skulle man hålla en stickvägsbredd på 22 m, brukligt vid användande av skördare med långkran, skulle det innebära att stickvägsbredden i genomsnitt är 4,54 m.

Av resultaten och intervjun av skördarföraren, kan sägas att det ekonomiska resultatet mer är beroende av skördarförarens skicklighet för stunden, samt väderleken under lagring och vid inmätning, eftersom det påverkar fukthalten. Då ledtiden är väldigt lång från det att det skördas till att det flisas (Andersson L 2008.), finns en mängd osäkerhetsfaktorer som kan påverka nettot. Nedbrytningsgrad och risken för att flisaren använder en del av riset att köra på, samt att rishögarna kan "växa" när de ligger så länge, av exempelvis markägaren, som slänger i sitt eget ris på högarna.

Vid inventering av ett björkbestånd påträffades oflisade buntar längs cirka 225 m stickväg. Detta ger ett överdrivet spill, och speglas främst av en högre kostnadspost än brukligt. Detta ger ett beräknat spill om ca 3 m³sk, eller 2h arbetstid, det vill säga 1700 kr i skördarkostnad.

Vid ett fåtal inventerade tvåskiktade bestånd, främst där undervegetation låtit växa upp, fanns en högre standardavvikelse för medeldiametern. Detta uppkommer av att medelvärdet för beståndet ger sken av att det är ett homogent bestånd med ett för produktiviteten bra medelstamsvärde. Verkligheten är dock att underbeståndets kläna stammar, sammanvägda med överbeståndets grövre stammar, ger en mycket lägre produktivitet än förväntat. Vid för hög standardavvikelse, bör kostnaden per avverkad m³ bli högre än intäkten för densamma. Detta endast om skördarförarens hypotes, där övergrova träd tar mycket längre tid att klippa/hantera stämmer.

Enligt skördarföraren som utfört samtliga inventerade åtgärder, är det absolut enklaste beståndet ett rent björkbestånd med 10-12 cm DBH. Detta, menar han, beror på att han inte behöver vara rädd om beståndet, eftersom ett rent björkbestånd ofta har fler alternativa och färre ömtåliga huvudstammar, och därav kan göra mer oförsiktiga kranrörelser, samt att björk går snabbt att klippa och ackumulera, på grund av den mjuka veden i björk.

Ett för klen bestånd ger låg volym/tidsenhet, medan ett för grovt bestånd bromsar maskinens prestation på grund av den extra tiden som krävs för att klippa, samt den låga eller obefintliga möjligheten att ackumulera stammar. Bäst vore som skrivet ovan, ett bestånd med 10-12 cm i DBH, enligt skördarföraren, och inom detta intervall är de förekommande höjderna oväsentliga ur hanteringssynvinkel.

Svårast att gallra är ädellövsbestånd med inslag av trivial-lövträd, det vill säga bestånd där man tillexempel planterat var tredje rad björk, detta då björken ofta är större när den avverkas än ädellövträden. Skördarföraren upplever att den extra tid som krävs för att lyfta björken runt ädellövträden är direkt avgörande för produktiviteten.

Skördarföraren framför även att han upplever produktionen vid avverkning i stickväg mycket högre, jämfört med produktionen vid avverkning vid sidan av stickväg. En möjlighet vore då att tänka att objekt som har den formen som genererar högre stickvägsandel borde ha generellt högre produktionsresultat (Nilsson P.).

Ingen statistisk signifikans kunde uppnås, detta beroende av för få sample och/eller för stor spridning i inmätta data. För att få fler sample behövdes fler bestånd.

Tidigare studier

Från tidigare studier erhöles positivt resultat i form av billigare röjning vid energiuttag med klippskördare jämfört med konventionell motormanuell röjning redan vid 200 stam per G₁₅-timme (Eriksson & Nordén 1999). Mina resultat visar att man uppnår 8,3 m³/h redan vid 35 klipp i timmen, vilket är att jämföra med ca 126 stammar i timmen i studien av Eriksson & Nordén 1999. Anledningen till denna stora skillnad tror jag beror på att mina inmätta stammar håller betydligt högre medelstam.

Framtid

Som tidigare studier från Skogforsk visar finns det en dold tillgång i bioenergin som i stora delar inte är utnyttjad ännu, och med ökande energipris och fortsatt teknikutveckling kommer metoden med största sannolikhet bli mer lönsam. De maskinsystem som finns på marknaden idag kan alla ha en plats i framtiden, beroende på hur nischad systemutvecklingen blir, rätt system i rätt bestånd kan ge högre effektivitet, men kräver större bestånd och/eller korta flyttar för att inte flyttkostnaden ska äta upp den ekonomiska vinsten.

Referenser

- Albrektsson, A. Elfving, B. Lundquist, L. Valinger, E. (2008) *Skogskötsel grunder och samband. Skogskötselserien*. Skogsstyrelsen, Skogsindustrierna, SLU & LRF Skogsägarna.
(<http://www.skogsstyrelsen.se/skogsskotselserien>)
- Ager, B. Liss, J-E. (1998) *Systemstudier Ungskogbränsle – Projektplan till Nutek*. Garpenberg: Högskolan Dalarna, Centrum för Industriell Teknik och Utveckling. Arbetsdokument 1998:1.
- Berkvist, I. 2003. *Flerträdshantering höjer prestationen och ökar nettot i klen gallring*. Uppsala: Skogforsk. Resultat nr 5 2003.
- Berkvist, I & Glöde D. 2004. *Stråkröjning – en metod med stor potential*. Uppsala: SkogForsk. Resultat nr 3 2004.
- Bergstrand, K-G. Lindman, J. & Petré E. 1986. Underlag för prestationsmål för motormanuell röjning. Spånga: Forskningsstiftelsen, Skogsarbeten. Redogörelse nr7.
- Blom, P. (1999) *Prestationsstudie av EnHar ackumulerande klippskördaraggregat*. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Studentuppsatser / Skogsteknologi, 21..
- Boutelje, B. J. 1995. *Träfakta: 44 trädslag i ord och bild*. Träteknikcentrum.3. uppl. Stockholm: Träteknikcentrum.
- Brunberg, T. 1997. *Underlag för produktionsnorm för engreppsskördare i gallring*. Uppsala: SkogForsk. Redogörelse nr8 1997.
- Brunberg, B & Hedenberg, Ö & Jonsson, T. 1990. *Flerträdsteknik – effekter på avverkningskostnader och massaindustrins råvara*. Spånga: Forskningsstiftelsen Skogsarbeten. Redogörelse nr4 1990.
- Brunberg, B & Svenson, G. 1990. *Multitree-Handling Can Reduce First-Thinning Costs*. Forskningsstiftelsen (Skogsarbeten) Resultat No.5 1990.
- Edgren, V. Nylinder, P. (1949) *Funktioner och tabeller för bestämning av avsmalning och formkvot under bark för tall och gran i norra och södra Sverige*. Stockholm: Statens skogsforskningsinstitut. Meddelanden 38:7.
- Eriksson, P. & Nordén, B. 1999. *Bränsleuttag i bestånd med eftersatt röjning*. Uppsala: SkogForsk. Resultat nr 7 1999.
- Eriksson, P. & Rytter, L. 2000. *Bränsleuttag med drivare – ett alternativ till sen röjning i lövbestånd*. Uppsala: SkogForsk. Resultat nr4.
- Ersson, T. 2007. *Produktivitet vid selektiv mekaniserad bioenergiröjning av eftersatta röjningsbestånd*. Arbetsrapport 166. Umeå: Sveriges Lantbruksuniversitet. Institutionen för skoglig resurshushållning. ISSN 1401-1204.
- Gullberg, T. Johansson, J. Liss J-E. 1998. *Studie av system EnHar vid uttag av skogsenergi i unga bestånd – Hamrestudien*. Garpenberg: Högskolan Dalarna Skogsindustriella institutionen. Arbetsdokument nr9.
- Hammar, Carl-Henrik. (2000) *Timberjack 720 – Ett maskinsystem för uttag av biobränsle ur ungskog*. Skinnskatteberg: Examensarbete 2000:13 Skogssingenjörprogrammet, SLU.
- Iwarsson Wide, M. 2009. *Klenträdsaggregat för skogsbränsle – en marknadsöversikt*. Uppsala: SkogForsk. Resultat nr 3 2009.
- Liss, Jan-Erik. 2005. *Brännved – energiinnehåll i några olika trädslag*. Garpenberg: Högskolan Dalarna. Systemutveckling / Arbetsvetenskap. Arbetsdokument nr1
- Marklund, Lars-Gunnar. (1988). *Biomassafunktioner för tall, gran och björk i Sverige*. Umeå: SLU Rapporter. 1988:45.
- Olsson, Staffan. 2004. *Behandling av konfliktbestånd – problem och möjligheter*. Alnarp: Sveriges Lantbruksuniversitet (Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap). Examensarbete nr 60 2004.

Silversides C.R & Sundberg, U. (1989) *Operational Efficiency in forestry; volume 1: Analysis & volume 2: Practice*. Dordrecht: Kluwer Academic Publisher.

Internetkällor

SkogsSverige. 2008-11-20. Omvandlingstabell för vanliga kubikmetermått i skogen. <http://www.skogssverige.se/skog/skogen/swe/lathund.cfm>

Muntlig referens

Andersson, Linus. 20081126. Produktionsledare vid Stora Enso Bioenergi AB.

Nilsson, Per. 20090107. Skördarförare för den studerade skördaren.

Institutionen för sydsvensk skogsvetenskap

SLU

Box 49

SE-230 53 Alnarp

Telefon: 040-41 50 00

Telefax: 040-46 23 25

Southern Swedish Forest Research Centre

Swedish University of Agricultural Sciences

P.O. Box 49, SE-230 53 Alnarp

Sweden

Phone: +46 (0)40 41 50 00

Fax: +46 (0)40 46 23 25